

расчета частот и форм колебаний может несколько уточнить результаты расчетов и в, частности, правильно оценить влияние сложных элементов конструкции, не поддающихся описанию типовыми элементами, используемых в программе Dynamics R3.1. Наилучший результат может дать совместное использование программ.

Остается неисследованной возможность применения программы MSC/Nastran для большого класса задач роторной динамики - вынужденных стационарных и нестационарных колебаний, поведения систем с нелинейными элементами конструкции – демпферами, подшипниками скольжения, зазорами, касаниями и т.д. Данные направления – темы будущих исследований.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАСХОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАПОРНОЙ ТРУБКИ

Могулкин И.А. Орлов В.П.
МАИ, г. Москва

При проведении исследований важной практической задачей является измерение расхода газа. Эта задача актуальна в химическом производстве, автомобиле и тракторостроении, авиации, космонавтике, нефти и газодобывающей промышленности. Хотя в последнее время в связи с развитием элементной базы большое внимание уделяется ультразвуковым расходомерам (например, доплеровский, корреляционный, вихревой расходомер), классические устройства определения объемного расхода по давлению не потеряли своей актуальности. По своей потенциальной точности – $0,5 \div 2 \%$, они эквивалентны ультразвуковым расходомерам, могут работать в более тяжелых эксплуатационных условиях, а новое поколение датчиков давления, обеспечивающих на выходе унифицированный сигнал, упростило проблему ввода информации в ЭВМ для дальнейшей обработки.

Рассмотрим способ измерения скоростей и расхода газа напорной трубкой Пито. Для пояснения способа измерения на рис. 1 показаны градиенты профиля скорости ламинарного потока в трубе с гладкими стенками, на рис. 2 – конструкция дифференциальной трубки Пито и график [1], поясняющий её принцип действия.

Частицы вещества, прилегающие к стенкам, движутся медленнее, на стенках скорость падает до нуля. По этой причине возникает градиент

скорости. За счет кинетической энергии потока создается перепад давления. Тогда, используя закон сохранения энергии

$$\frac{P_{\text{д}}}{\rho} = \frac{P_{\text{с}}}{\rho} + \frac{V^2}{2},$$

где ρ - плотность газа,

V - скорость в зоне динамического давления;

$P_{\text{д}}$, $P_{\text{с}}$ - динамическое и статическое давление.

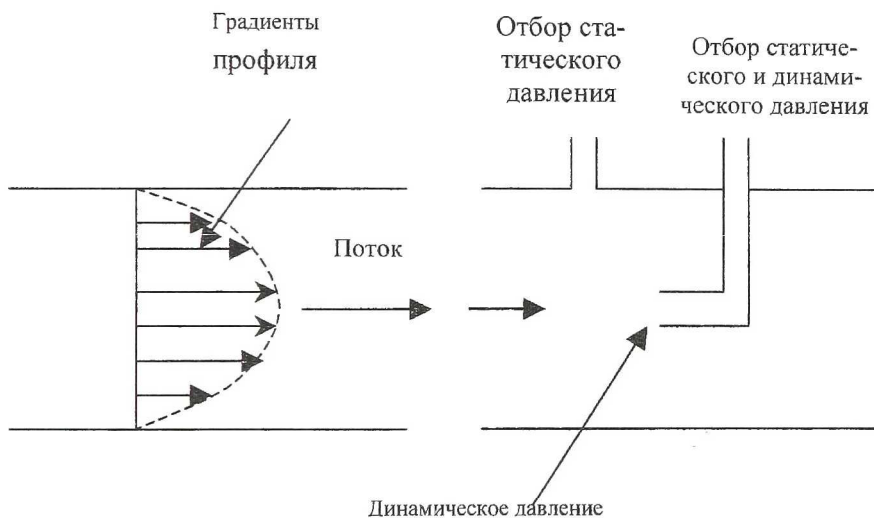


Рис. 1. Градиенты профиля скорости ламинарного потока и схема отбора давления

Если средняя скорость газа по трубе равна V , то за время t поток пройдет расстояние $V \cdot t$. Для площади поперечного сечения трубы F , объем, что переносится за время t , равен $F \cdot V \cdot t$. Следовательно, объемный расход: $Q_0 = F \cdot V$.

Для дифференциальной трубки Пито (Рис. 2), расход в единицах массы вещества, проходящего через трубопровод в единицу времени определяют по соотношению

$$Q_M = \rho \cdot F \cdot V_{cp} = \xi \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot \Delta P_{cp}},$$

где ΔP_{cp} – динамическое давление (Па), соответствующее средней скорости (V_{cp});

F – площадь поперечного сечения трубопровода (м^2);

ξ – поправочный коэффициент;

ρ – плотность газа.

Расход в единицах объема:

$$Q_0 = \xi \cdot F \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P_{cp}}$$

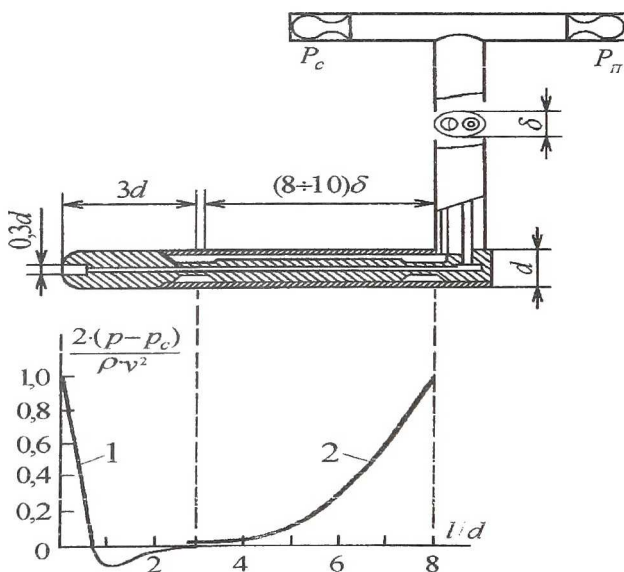


Рис. 2. Конструкция дифференциальной трубки Пито и график, поясняющий её принцип действия

Для варианта представленного на рисунке 2, полное давление потока передается через отверстие на лобовом конце наконечника трубки, статическое – через узкую прерывистую щель на поверхности наконечника. По каналам в теле трубки, давление передается прибору, измеряющему разность ($P_{\Pi} - P_C$).

Для дифференциальной трубки Пито при числе Рейнольдса $700 < Re_d < 2000$ и скорости потока менее 100 м / с , различием в плотности (при сжатии газа) пренебрегают, а поправочный коэффициент ξ в пределах 1% точности принимают равным единице.

График, показывающий оценку влияния отклонения напорной трубки P_{Π} , P_C и P_d на погрешность δ [1], представлен на рис. 3.

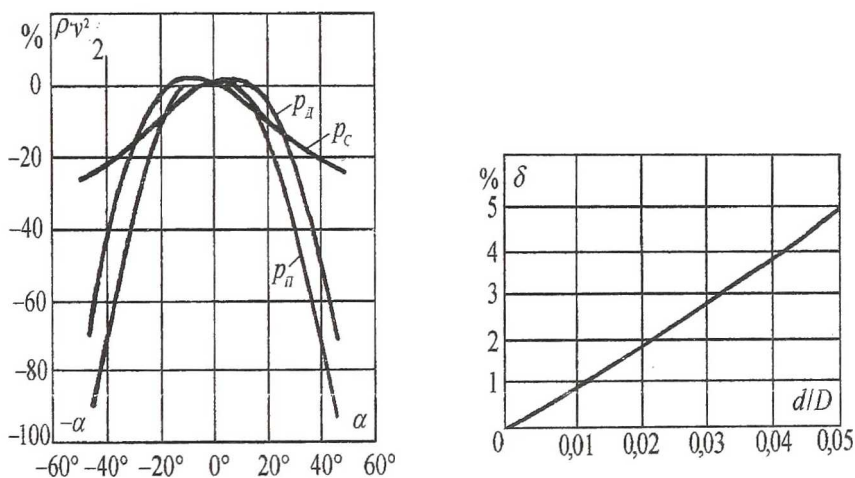


Рис. 3. Влияние отклонения напорной трубки на P_{Π} , P_C и P_d и возможная погрешность δ определения средней скорости в зависимости от d / D

На основе тензомодуля (рис.4) дифференциального давления (ТМД – 2, МИЭТ), предлагается следующая схема измерения малых расходов воздуха. Схема тензомодуля и его внешний вид показаны на рис. 4.

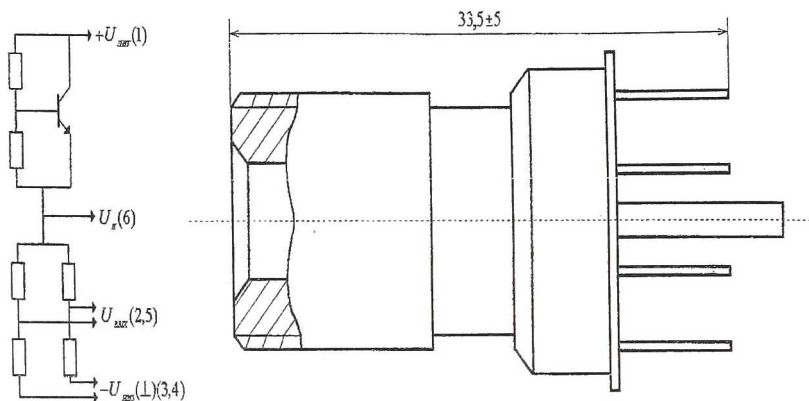


Рис.4. Электрическая схема тензомодуля и его внешний вид

Напряжение питания тензомодуля 5В, номинальный выходной сигнал до 80 мВ, нелинейность выходного сигнала $\leq 0,2\%$.

На рис. 5 приведена структурная схема измерений расхода воздуха.

В качестве измерительного усилителя используются две микросхемы LM358, с цепями коррекции по приведенной в [2] схеме. Цифровой прибор обеспечивает работу с сигналом 0 – 1 В и подключение к ПЭВМ по интерфейсу RS – 232. В случае использования стандартного токового сигнала 4 – 20 мА, в качестве источника тока, управляемого напряжением, дополнительно используется микросхема LM358, n – p – n транзистор, с выхода которого на вход цифрового прибора подается сигнал 4 – 20 мА.

Проверка работоспособности модели прибора и тарировка проводились с использованием компрессорной станции. Выявлены следующие параметры схемы. Общая погрешность нелинейности статической характеристики порядка 1.93 % (рассчитывалась по методике, приведенной в [3]), и значительная инерционность измерительной схемы, представленной на рис. 5, что объясняется некоторой инерционностью напорной трубки и использованием процедуры фильтрации сигнала в схеме цифрового показывающего прибора.



Рис. 5. Структурная схема измерителя расхода

Список литературы

- Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. М., Энергия. 1977. 703 с.
- Справочник. Интегральные микросхемы. Операционные усилители. Том 1. М. ВО "Наука". 1993. 238 с.
- Щепетов А.Г. Автоматизация расчетов в среде Mathcad. М. МГАПИ. 2001. 238 с.

КОМПЛЕКСНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ НА БАЗЕ АВИАЦИОННЫХ ТРДД

Емин О.Н., Кузменко М.Л., Рыбаков В.В., Савенко А.В.

Московский авиационный институт, г. Москва,

Рыбинская государственная авиационная
технологическая академия (РГАТА), ОАО НПО «Сатурн» г. Рыбинск

Использование авиационных газотурбинных двигателей (ГТД), опыта их проектирования и создания, как и производственных мощностей отечественного авиадвигателестроения для создания наземных